Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Water and Soil Conservation

Print ISSN: 2322-2069
Online ISSN: 2322-2794

(OPEN ACCESS)

Select habitats with essence yields of *Echinophora platyloba* using Maximum Entropy model

Mahnaz Zeinabi Baygi[1], Jalil Farzad Mehr[*2], Hamed Sangoony[3], Moslem Jahani[4]

1. M.Sc. Graduate of Nature Engineering and Medicinal Plants, Faculty of Agriculture, University of Torbat Heydarieh, Khorasan-Razavi, Iran. E-mail: s1a3m7i2r@gmail.com
2. Corresponding Author, Associate Prof., Dept. of Nature Engineering and Medicinal Plants, Faculty of Agriculture, University of Torbat-Heydarieh, Khorasan-Razavi, Iran. E-mail: j.farzadmehr@torbath.ac.ir
3. Assistant Prof., Dept. of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Khorasan-Razavi, Mashhad, Iran. E-mail: h.sangoony@gmail.com
4. Assistant Prof., Dept. of Food Chemistry, Khorasan Research Institute for Food Science and Technology, Khorasan-Razavi, Mashhad, Iran. E-mail: m.jahani@rifst.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 10.09.2024
Revised: 11.11.2024
Accepted: 12.11.2024

Keywords:
Echinophora,
Essential,
Medicinal plants,
Potential Habitat

ABSTRACT

Background and Objectives: A systematic and scientific study of the subject of medicinal plants in the present era and the presentation of a scientific program for their proper and optimal exploitation require the initial identification of habitats, the preparation of a distribution map, and the identification of these plants in their original habitat. Each plant species is related to some environmental factors of its habitat, considering its habitat characteristics, ecological needs, and tolerance range. The suitability of a variable alone cannot be a sufficient reason for the development of a habitat, but rather its potential habitat must be determined by considering all the ecological needs of a species and its adaptation to environmental conditions. The presence of plant species in a region is influenced by environmental factors and interspecies relationships, and some environmental factors have the more effect on the establishment of plant species. Determining effective factors and studying response of species to environmental factors helps to obtain species distribution prediction models. Therefore, the aim of this study is to find the most suitable habitat for *Echinophora platyloba* DC. Where they have the more amount of essential oil.

Materials and Methods: This plant belongs to the genus *Echinophora*. This genus has four species of aromatic perennial herbaceous plants in Iran. In this study, using the maximum disorder method, first, suitable places for the growth of the medicinal species *Echinophora* in Torbat Heydariyeh County were determined. The growth type of *Echinophora platyloba* was identified in the area by a field survey and its range was determined using natural features. The locations of the species were determined using the experience of local people, especially shepherds. Through a field survey in late May, June, and early July 1401, 43 locations of *Echinophora* presence were recorded and plant samples were collected. The minimum distance between the points of presence of the species was recorded as 600 meters. After the vegetative stage and before the flowering

stage, the amount of essential oil in *Echinophora* is at its highest level, so plant samples were collected during this period. According to the study objectives, 29 environmental factors including 19 bioclimatic factors, 7 soil factors and 3 topographic factors were used in modeling. Bioclimatic factors were extracted from the international database and topographic factors from the digital elevation model of the city. In order to prepare soil layers, information related to 159 soil profiles was received from the Research Center and Natural Resources Departments of Khorasan Razavi Province. Soil variables include sand percentage, silt percentage, clay percentage, electrical conductivity, soil alkalinity, soil water saturation percentage and organic matter content. Then, a map related to each soil variable was prepared using interpolation methods. Three indices of mean absolute error (MAE), mean deviation error (MBE) and root mean square error (RMSE) were used to select the most appropriate interpolation method. 43 points of presence of euphorbia plants in the study area were recorded through field surveys and plant samples were collected and after drying, essential oil extraction was performed using water distillation method. 50% of the points with suitable essential oil yield were selected to rerun the model.

Results: Based on the topographic maps prepared, the altitude class of 1800-2200 meters above sea level covers the largest area of about 55% of the total area of the county, and the altitude class of 1000-1400 meters above sea level has the smallest area. The slope class of 0-5 covers the largest area of about 81% of the total area of the county, and the class <20 has the smallest area. The largest area related to the southern slope with 34.8% of the area of the region covers the largest area. The results showed that out of the 372,950 hectares of Torbat Heydariyeh county, 339,150 hectares, equivalent to 91% of the total area of the region, are in the unsuitable habitat class, and 3,575 hectares, equivalent to 0.9% of the region, are suitable for the growth of Euphorbia. Based on results of Jacknife EC, PH, precipitation of wettest quarter and precipitation of direst month were the most important variable in the occurrence of *Echinophora platyloba* and Precipitation of direst quarter, EC, PH, precipitation of wettest quarter was determined as the most important environmental factors affecting the yield of essential oil of this plant. The optimal range of soil conditions for plant dispersal is electrical conductivity of 0.4-0.2 deciSiemens/meter and soil acidity of 7.95-7.93, and the probability of the species' presence increases when the total rainfall of the wettest consecutive quarter is between 125-130 mm. The evaluation accuracy of the model with AUC=0.96 for the suitability of the habitat and AUC= 0.945 for the location of habitats with suitable essential oils shows that the model has identified Maximum Entropy with very high accuracy of the desired habitats with optimal essential oils (10-11 percent).

Conclusion: Identifying habitats that have suitable essential oil yields will allow exploitation in these areas to be carried out with reduced destruction of natural resources. Identifying the country's native medicinal plants and determining the optimal conditions for growth and production and greater efficiency of their essential oil are among the first steps that can be taken for sustainable and economically viable exploitation of these plants. It is recommended that in rangeland management programs, if the goal is to plant plants for rangeland restoration, a habitat suitability map be used, but if the goal is to use the essential oil of this plant, a map predicting locations with suitable essential oil yields should be used. It is recommended that a map of areas with essential oil yields be prepared based on the important

medicinal plants of each region and made available to the operator so that he can achieve an appropriate amount of essential oil with the least amount of plant harvesting in nature.

Cite this article: Zeinabi Baygi, Mahnaz, Farzad Mehr, Jalil, Sangoony, Hamed, Jahani, Moslem. 2025. Select habitats with essence yields of *Echinophora platyloba* using Maximum Entropy model. *Journal of Water and Soil Conservation*, 32 (2), 29-54.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/jwsc.2025.22861.3765
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۲۰۶۹
شاپا آنلاین: ۲۳۲۲-۲۷۹٤

مکانیابی رویشگاه‌های دارای بازده اسانس گیاه خوشاریزه با استفاده از مدل حداکثر بی‌نظمی

مهناز زینبی بایگی[۱]، جلیل فرزاد مهر[۲*]، حامد سنگونی[۳]، مسلم جهانی[٤]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد مهندسی طبیعت و گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربت‌حیدریه، خراسان‌رضوی، ایران. رایانامه: s1a3m7i2r@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه مهندسی طبیعت و گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربت‌حیدریه، خراسان‌رضوی، ایران. رایانامه: j.farzadmehr@torbath.ac.ir

۳. استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، خراسان‌رضوی، مشهد، ایران. رایانامه: h.sangoony@gmail.com

٤. استادیار گروه شیمی مواد غذایی، پژوهشکده علوم و صنایع غذایی، خراسان‌رضوی، مشهد، ایران. رایانامه: m.jahani@rifst.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۰۳/۰۷/۱۸
تاریخ ویرایش: ۰۳/۰۸/۲۱
تاریخ پذیرش: ۰۳/۰۹/۲۱

واژه‌های کلیدی:
اسانس،
خوشاریزه،
رویشگاه بالقوه،
گیاهان دارویی

چکیده

سابقه و هدف: بررسی اصولی و علمی موضوع گیاهان دارویی در عصر حاضر و ارائه برنامه‌ای علمی در جهت بهره‌برداری درست و بهینه از آن‌ها نیازمند شناسایی اولیه رویشگاه‌ها، تهیه نقشه پراکنش و شناسایی این گیاهان در زادگاه اصلی خود است. هر گونه گیاهی با توجه به خصوصیات رویشگاهی و نیازهای اکولوژیکی و دامنه بردباری با برخی عامل‌های محیطی رویشگاه خود رابطه دارد. رویشگاه مناسب برای توسعه یک گونه را تنها با استفاده از یک متغیر محیطی نمی‌توان تعیین کرد، بلکه باید همه نیازهای اکولوژیک یک گونه را برای انطباق آن با شرایط محیطی در نظر گرفت. درواقع ظهور هر گونه گیاهی تحت‌تأثیر عوامل محیطی و روابط بین‌گونه‌ای است و یک یا چند عامل محیطی بیش‌ترین اثر را در استقرار یک گونه گیاهی خاص دارند. به‌منظور دست‌یابی به مدل‌های پیش‌بینی پراکنش گونه‌ای باید عوامل مؤثر بر هر گونه گیاهی را تعیین و رفتار گونه را با متغیرهای محیطی بررسی کرد. ازاین‌رو هدف از پژوهش حاضر یافتن مناسب‌ترین رویشگاه برای استقرار گیاه خوشاریزه است (*Echinophora platyloba* DC.) که در آن رویشگاه گیاه دارای میزان اسانس بیش‌تری باشد.

مواد و روش‌ها: خوشاریزه متعلق به جنس *Echinophora* است. این جنس در ایران چهار گونه گیاهی علفی چندساله معطر دارد. در این تحقیق با استفاده از روش حداکثر بی‌نظمی، ابتدا مکان‌های مناسب جهت رویش گونه دارویی خوشاریزه در شهرستان تربت‌حیدریه تعیین شدند. در ابتدا تیپ رویشی *Echinophora platyloba* در منطقه شناسایی و محدوده آن به کمک

عوارض طبیعی مشخص شد. با استفاده از تجربه افراد محلی به‌خصوص چوپان‌ها، مکان‌های حضور گونه مشخص شد. در اواخر اردیبهشت، خرداد و اوایل تیرماه سال ۱٤۰۰، ٤۳ مکان حضور گیاه خوشاریزه ثبت و برداشت نمونه‌های گیاهی انجام شد. حداقل فاصله نقاط حضور گونه ٦۰۰ متر ثبت شده است. بعد از مرحله رویشی و قبل از شروع مرحله گلدهی میزان اسانس در گیاه خوشاریزه در بالاترین سطح قرار دارد، بنابراین برداشت نمونه‌های گیاهی در این دوره انجام گرفت. با توجه به اهداف مطالعه، ۲۹ عامل محیطی شامل ۱۹ عامل زیست‌اقلیمی، ۷ عامل خاکی و ۳ عامل توپوگرافی در مدل‌سازی استفاده شد. عوامل زیست‌اقلیمی از پایگاه بین‌المللی و عوامل توپوگرافی از مدل رقومی ارتفاع شهرستان استخراج شد. به‌منظور تهیه لایه‌های خاک‌شناسی، اطلاعات مربوط به ۱۵۹ نمونه خاک از مرکز تحقیقات و ادارات منابع طبیعی استان خراسان‌رضوی دریافت شد. متغیرهای خاک شامل درصد شن، درصد سیلت، درصد رس، هدایت الکتریکی، قلیائیت خاک، درصد اشباع آب خاک و مقدار ماده آلی است. سپس نقشه مربوط به هر متغیر خاک با استفاده از روش‌های میان‌یابی تهیه شد. سه شاخص مقدار میانگین قدرمطلق خطا (MAE)، میانگین انحراف خطا (MBE) و جذر میانگین مربع خطا (RMSE) برای انتخاب مناسب‌ترین روش میان‌یابی استفاده شدند. نمونه‌های گیاهی جمع‌آوری شده پس از خشک شدن با روش تقطیر با آب اسانس‌گیری شدند. ۵۰ درصد از نقاط دارای بازده اسانس مناسب جهت اجرای مجدد مدل انتخاب شدند.

یافته‌ها: براساس نقشه‌های توپوگرافی تهیه‌شده طبقه ارتفاعی ۲۲۰۰– ۱۸۰۰ متر از سطح دریا بیش‌ترین مساحت در حدود ۵۵٪ از کل مساحت شهرستان را در برگرفته است و طبقه ارتفاعی ۱٤۰۰–۱۰۰۰ متر از سطح دریا دارای کم‌ترین مساحت است. طبقه شیب ۵–۰ بیش‌ترین مساحت در حدود درصد از مساحت کل شهرستان را در برگرفته و طبقه بیش‌تر از ۲۰ درصد دارای کم‌ترین مساحت است. بیش‌ترین مساحت مربوط به شیب جنوبی است که ۳٤/۸ درصد از مساحت منطقه بیش‌ترین سطح را در برگرفته است. نتایج نشان داد که از مساحت ۳۷۲ هزار و ۹۵۰ هکتاری شهرستان تربت‌حیدریه، ۳۳۹ هزار و ۱۵۰ هکتار معادل ۹۱ درصد از کل مساحت منطقه در کلاس رویشگاهی نامناسب و ۳ هزار و ۵۷۵ هکتار معادل ۰/۹ درصد از منطقه برای رویش گیاه خوشاریزه مناسب می‌باشد. بر اساس نتایج عملکرد جک‌نایف، متغیرهای هدایت الکتریکی خاک، اسیدیته خاک، مجموع بارندگی پربارش‌ترین سه‌ماهه متوالی و مجموع بارندگی کم‌بارش‌ترین ماه مهم‌ترین متغیرها در رخداد گونه خوشاریزه و مجموع بارندگی کم‌بارش‌ترین سه‌ماهه متوالی، هدایت الکتریکی خاک، اسیدیته خاک و مجموع بارندگی پربارش‌ترین سه‌ماهه متوالی مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر بر میزان عملکرد اسانس این گیاه تعیین است. محدوده بهینه پراکنش گیاه برای هدایت الکتریکی ۰/٤–۰/۲ دسی‌زیمنس بر متر و اسیدیته خاک ۷/۹۵–۷/۹۳ می‌باشد و هنگامی‌که مجموع بارندگی پربارش‌ترین سه‌ماهه متوالی بین ۱۳۰–۱۲۵ میلی‌متر باشد احتمال حضور گونه افزایش می‌یابد. دقت ارزیابی مدل برای تناسب رویشگاه خوشاریزه ۰/۹٦ = AUC و برای مکان‌یابی رویشگاه‌های دارای اسانس ۰/۹٤۵ = AUC است که نشان می‌دهد مدل حداکثر بی‌نظمی با دقت بسیار بالایی رویشگاه‌های مطلوب و دارای اسانس بهینه (۱۰–۱۱ درصد) را شناسایی کرده است.

نتیجه‌گیری: شناسایی رویشگاه‌هایی که دارای بازده اسانس مناسب هستند موجب می‌شود که بهره‌برداری در این مناطق با کاهش تخریب منابع‌طبیعی انجام گیرد. شناخت گیاهان دارویی بومی کشور، تعیین شرایط بهینه رشد و بازدهی بیش‌تر اسانس آن‌ها جزء اولین گام‌ها برای بهره‌برداری پایدار و اقتصادی از این گیاهان است. پیشنهاد می‌شود در برنامه‌های مدیریت مرتع در صورتی که هدف کاشت گیاه برای احیاء مرتع است از نقشه تناسب رویشگاه استفاده شود و اگر هدف استفاده از اسانس گیاه خوشاریزه است از نقشه پیش‌بینی که مکان‌های دارای بازده اسانس مناسب را نشان می‌دهد، استفاده گردد. با توجه به گیاهان دارویی مهم هر منطقه نقشه مناطق دارای بازده اسانس تهیه گردد و در اختیار بهره‌بردار قرار گیرد تا با کم‌ترین برداشت از گیاه در طبیعت به میزان مناسبی از اسانس دست یابد.

استناد: زینبی بایگی، مهناز، فرزاد مهر، جلیل، سنگونی، حامد، جهانی، مسلم (۱۴۰۴). مکانیابی رویشگاه‌های دارای بازده اسانس گیاه خوشاریزه با استفاده از مدل حداکثر بی‌نظمی. *پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*، ۳۲ (۲)، ۵۴-۲۹.
DOI: 10.22069/jwsc.2025.22861.3765

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

فلور گیاهی ایران با داشتن بیش از ۷۵۰۰ گونه گیاهی ارزشمند و پوششی دو تا سه برابر اروپا از غنی‌ترین فلورهای جهانی شناخته شده است (۱). همه گیاهان موجود در کشور علاوه بر خواص علوفه‌ای، حفاظت آب و خاک، تولید هوای پاک و تازه، تولید چوب دارای ارزش دارویی و صنعتی هستند که اغلب ارزش محصولات فرعی حاصل این گیاهان بیش‌تر از ارزش علوفه‌ای آن‌ها می‌باشد. با وجود پتانسیل‌های بالقوه موجود در گیاهان مرتعی کشور، به دلیل عدم اطلاعات کافی از رویشگاه‌ها و مدیریت ناکارآمد، تولید و بهره‌برداری از گیاهان دارویی و صنعتی قابل‌توجه نبوده و ایران از بازار محصولات گیاهان دارویی در عرصه‌های بین‌المللی عقب مانده است (۲). بررسی اصولی و علمی موضوع گیاهان دارویی در عصر حاضر و ارائه برنامه‌ای علمی در جهت بهره‌برداری درست و بهینه از آن‌ها نیازمند شناسایی اولیه رویشگاه‌ها، تهیه نقشه پراکنش و شناسایی این گیاهان در زادگاه اصلی خود است (۳). هر گونه گیاهی با توجه به خصوصیات رویشگاهی و نیازهای اکولوژیکی و دامنه بردباری با برخی عامل‌های محیطی رویشگاه خود رابطه دارد. یک متغیر مطلوب به تنهایی نمی‌تواند دلیل کافی بر تناسب یک رویشگاه برای توسعه یک گونه باشد بلکه باید همه نیازهای اکولوژیک یک گونه برای انطباق آن بر شرایط محیطی و تعیین رویشگاه بالقوه در نظر گرفته شود (٤).

خصوصیات رویشگاه گیاهان در طبیعت بر کمیت و کیفیت اسانس و مواد مؤثره گیاهی تأثیر بسزایی دارد (۵). بهره‌برداری غیرمجاز و شدید از گیاهان دارویی و صنعتی مراتع جهت استفاده از اسانس باعث تخریب رویشگاه آن‌ها در طول زمان شده است بنابراین همراه با شناسایی گیاهان دارای اسانس باید خصوصیات بوم‌شناسی آن‌ها نیز بررسی گردد. استفاده از این اطلاعات به‌منظور زراعت و اهلی کردن گیاهان دارویی علاوه بر تولید انبوه این گیاهان در سیستم‌های کشاورزی از تخریب منابع طبیعی جلوگیری کرده و موجب حفظ ذخایر آن می‌گردد (٦). در سال‌های اخیر پژوهش‌های گسترده‌ای روی گیاهان دارویی انجام شده است. به دلیل مقاومت انواع مختلفی از باکتری‌ها به بسیاری از آنتی‌بیوتیک‌ها، پژوهش و مطالعات گسترده‌ای جهت استفاده از مواد مؤثره گیاهان به‌صورت عصاره و اسانس برای درمان بیماری‌ها انجام گرفته است. گرایش مردم به مصرف گیاهان افزایش یافته است و منابع گیاهی علاوه بر طعم‌دهنده در صنایع مختلف غذایی به عنوان عامل ضد میکروبی و ضد قارچی نیز استفاده می‌شوند. عصاره‌ها و اسانس‌های گیاهی به عنوان یکی از منابع بالقوه ترکیبات ضدباکتریایی مؤثر و مفید بسیار قابل‌توجه هستند (۷). شناخت گیاهان دارویی بومی کشور و تعیین شرایط بهینه رشد و بازدهی بیشتر اسانس آن‌ها جزء اولین گام‌هایی برای بهره‌برداری پایدار و اقتصادی از این گیاهان است (۸). ترکیبات شیمیایی ثانویه گیاهان، علاوه بر عوامل ژنتیکی تحت‌تأثیر عوامل محیطی و اثرات متقابل آن‌ها است. هم‌چنین از عوامل محیطی و اکولوژیکی می‌توان دما، بارندگی، طول روز، نور خورشید، تبخیر و تعرق، باد، ارتفاع از سطح دریا، درصد شیب و جهت آن، عرض جغرافیایی، پوشش اراضی و نزدیکی به منابع آبی را نام برد که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم بر سنتز ترکیبات ثانویه به‌خصوص اسانس گیاهان مؤثر هستند (۹).

تغییرات گسترده در طبیعت منجر به استفاده وسیع مدیران منابع طبیعی از روش‌های مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای شده است. مدل‌سازی پراکنش گونه‌ها ابزار قدرتمندی است که می‌تواند در مطالعات مربوط به زیست‌شناسی، حفاظت، تغییرات اقلیمی، تغییرات کاربری اراضی، تعیین تناسب رویشگاه‌ها برای گونه‌های گیاهی (۱۰) و مدیریت نحوه کشت و احیاء اجتماعات طبیعی گیاهان مورد استفاده قرار گیرد.

سیستم اطلاعات جغرافیایی یکی از ابزارهای مناسب جهت رفع کمبود و کامل کردن داده‌ها در ارتباط با علل پراکنش گونه‌های گیاهی و تناسب رویشگاه آن‌ها می‌باشد که با تحلیل زمانی و مکانی داده‌های زمینی و مدل‌سازی پراکنش بالقوه گیاهان در این جهت کمک خواهد کرد (۱۱). این مدل‌ها بر اساس داده‌های مربوط به حضور یا عدم حضور گونه‌های گیاهی، عوامل محیطی و با فرض این‌که متغیرهای محیطی پراکنش جوامع گیاهی را کنترل می‌کنند، ایجاد می‌شوند (۱۲). انواع مدل‌های پراکنش گونه‌های گیاهی در سال‌های گذشته گسترش یافته و مورد استفاده قرار گرفته است (۱۳). استفاده از نقشه‌های پیش‌بینی برای احیاء اکولوژیکی، حفاظت تنوع زیستی و ارزیابی تأثیرات تغییرات محیطی مختلف بر پراکنش گیاهان در حال توسعه است.

روش‌های مدل‌سازی پراکنش در یک طبقه‌بندی کلی در دو دسته روش‌های کلاسیک مبتنی بر رگرسیون و روش‌های پیچیده ماشین یادگیری قرار می‌گیرند (۱٤، ۱۵). روش‌های مدل‌های تعمیم‌یافته خطی و مدل‌های تعمیم‌یافته افزایشی از مرسوم‌ترین روش‌های رگرسیونی هستند. روش‌های جنگل تصادفی، شبکه عصبی مصنوعی، درخت رگرسیونی افزایشی و روش حداکثر بی‌نظمی نیز کاربردی‌ترین و معروف‌ترین روش‌های ماشین یادگیری هستند (۱۵). یکی از پرکاربردترین روش‌ها در حال حاضر، حداکثر آنتروپی یا Maxent[1] است (۱٦). الگوریتم حداکثر آنتروپی در مدل‌سازی وابستگی‌های غیرخطی پیچیده میان نواحی حضور گونه‌ها و عوامل محیطی، در یک فضای چندبعدی، دارای انعطاف‌پذیری بالایی است و از این‌رو با ابرحجم چندبعدی هاتچینسون[2] در تعریف آشیان اکولوژیک گونه‌ها انطباق زیادی دارند. در روش بیشینه آنتروپی به ارزیابی احتمال توزیع مقادیر حداکثر بی‌نظمی متأثر از محدودیت‌های ناشی از متغیرهای محیطی تأثیرگذار بر نحوه توزیع مکانی گونه پرداخته می‌شود (۱۷، ۱۸). بنابراین مدل‌های پراکنش گونه‌ای و به‌خصوص مدل حداکثر آنتروپی نقش مهمی را در تعیین عوامل مهم مؤثر بر پراکنش و هم‌چنین تهیه نقشه‌های پیش‌بینی حضور گونه‌ها ایفا می‌نمایند. مدل حداکثر آنتروپی روشی است که احتمال حضور گونه را در یک فضا براساس متغیرهای محیطی امکان‌پذیر نموده و به عنوان کارآمدترین رویکرد مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای محسوب می‌شود که نیازی به دانستن نقاط حضور ندارد و تنها براساس نقاط حضور گونه، مدل را پیش‌بینی می‌نماید (۱۹، ۲۰). یکی از ویژگی‌های مهم و کاربردی روش آنتروپی حداکثر این است که سهم نسبی هر یک از متغیرها و درصد مشارکت آن متغیر در کل مدل پیش‌بینی مشخص می‌شود. این ویژگی به کاربران اجازه می‌دهد تا با شناخت متغیرهای دارای تأثیر بیش‌تر در وقوع گونه‌های مختلف، در مطالعات بعدی تنها بر متغیرهای مهم متمرکز شوند و هزینه و زمان مورد استفاده برای پژوهش‌های بعدی کاهش و در مقابل صحت پیش‌بینی مدل‌ها افزایش یابد. هم‌چنین این مدل زمانی که تعداد نقاط حضور اندک باشد کارایی بیشتری نسبت به انواع مدل‌های دیگر دارد (۲۱، ۱۵).

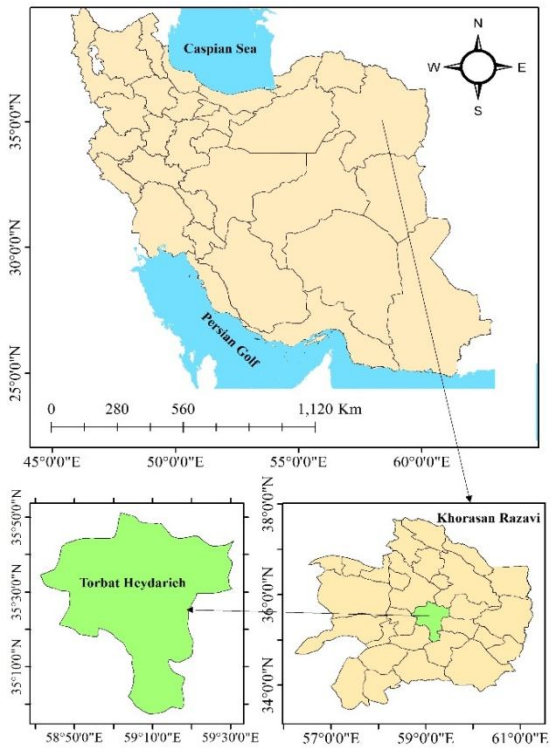
شناخت دقیق و علمی انواع گیاهان دارویی، نحوه و عوامل مؤثر بر پراکنش آن‌ها در کشور و تعیین نیازهای گیاهان در رویشگاه‌ها با استفاده از مطالعات بوم‌شناسی از جمله کارهای لازم در جهت استفاده بهینه از گیاهان دارویی است (۲۲). هم‌چنین چگونگی پراکنش انواع گیاهان نیازمند شناخت عوامل بوم‌شناسی تأثیرگذار بر آن‌ها می‌باشد که نقش مهمی در ارزیابی، حفاظت، توسعه و برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای دارد. مدیریت صحیح و بهره‌برداری بهینه از اکوسیستم‌های طبیعی نیازمند شناخت علمی و همه‌جانبه آن‌ها می‌باشد. تنوع گونه‌های گیاهی در اکوسیستم‌های طبیعی موجب ثبات و سلامت آن خواهد شد، بنابراین مشخص نمودن عواملی که اثر

1- Maximum Entropy
2- Hutchinson

مثبت یا منفی بر تنوع گونه‌ای دارند در اکولوژی مهم هستند. بررسی رویشگاه‌های گیاهان به‌عنوان بستر اصلی تنوع گونه‌های گیاهی یکی از اساسی‌ترین مطالعات در اکوسیستم‌ها است (٤). شهرستان تربت‌حیدریه دارای ٤٤٧ هکتار بیشه‌زار و درختچه‌زار، ۱۰۷ هکتار مراتع خوب و متراکم، ۵۸،۷۸۹ هکتار مراتع متوسط و ۱٦۵،۲۳۵ هکتار مراتع کم تراکم و فقیر است. بر اثر دست فعالیت‌های انسانی مخرب و کم توجهی صورت گرفته طی ادوار گذشته روز به روز عرصه‌های جنگلی و مرتعی آن فقیرتر شده است. خشکسالی‌های اخیر نیز باعث شده است تا جنوب این شهرستان با ۲۰ هزار هکتار کانون بحران فرسایشی مواجه است که ۱۰ هزار هکتار آن دارای طرح مطالعاتی در منابع طبیعی است. بنابراین شناخت، حفاظت، اصلاح و احیاء رویشگاه گیاهان دارویی و صنعتی شهرستان از جنبه اقتصادی، اجتماعی و محیط زیست دارای اهمیت می‌باشد. از این‌رو هدف از پژوهش حاضر شناسایی عوامل مؤثر بر پراکنش گیاه خوشاریزه و تعیین مکان‌هایی از این گیاه دارویی است که دارای بازده اسانس مناسبی می‌باشند علاوه بر این برداشت گیاه از این مناطق سبب کاهش تخریب دیگر رویشگاه‌های آن و صرفه اقتصادی دارد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: در شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه، شهرستان تربت‌حیدریه نمایش داده شده است. این شهرستان در جنوب استان خراسان رضوی قرار دارد. مساحت منطقه حدود ۳۷٦۹ کیلومترمربع است که در'۹۸ °۳٤ عرض شمالی و'۲۷ °۵۹ طول شرقی قرار دارد. ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱٤۵۰/۸ متر، میزان بارندگی سالانه ۲٤٦/۸ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱٤/۲ سانتی‌گراد است. براساس روش طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن این شهر دارای اقلیمی از نوع نیمه خشک سرد می‌باشد (سازمان هواشناسی خراسان رضوی، ۱۳۹۹).



شکل ۱- موقعیت شهرستان تربت‌حیدریه در ایران و خراسان رضوی.

Figure 1. Location of Torbat Heydariyeh County in Iran and Khorasan Razavi.

خوشاریزه: خوشاریزه متعلق به جنس *Echinophora* است. این جنس در ایران چهار گونه گیاهی علفی چندساله معطر دارد. دو گونه *Echinophora platyloba* و *Echinophora cinera* بومی ایران می‌باشند و دو گونه دیگر با نام *Echinophora sibthorpiana* و *Echinophora orientalis* علاوه‌بر ایران در روسیه، آناتولی، ترکمنستان، ارمنستان، سوریه، افغانستان، شبه جزیره بالکان، قبرس و نیز رویش دارند (۲۳). خوشاریزه گیاهی چندساله و بومی ایران است و به نام‌های محلی خوشاروزه، تیغ توراغ، خوشاریزه و کشندر معروف است. دارای ساقه‌های منفرد و برگ‌های منشعب است که انتهای برگ‌ها به خار ختم شده است. گل‌های زرد رنگ در چترهای کوچک به‌صورت مجتمع و چسبناک دیده می‌شوند. میوه آن هرمی شکل با پایه مخروطی و دارای برون غشایی است. ساقه آن فاقد کرک و استوانه‌ای، برگ‌های سوزنی شکل متناوب،گل‌ها ریز و گل‌آذین چتری است. اندام مورد مصرف این گیاه اندام هوایی آن است و به‌عنوان چاشنی در صنایع غذایی استفاده می‌شود. این گیاه دارای فلاونوئید، آلکالوئید و ساپونین می‌باشد. ترکیبات استخراج شده از عصاره‌آبی و اتانولی نیز حاوی فلاونول‌ها، فنولیک‌ها و فلاونوئیدها می‌باشد (۷). عصاره متانولی خوشاریزه اثر ضد سرطان و ضد آپوپتوز داشته است. استفاده خوراکی عصاره خوشاریزه در کاهش دردهای دوران قاعدگی دختران تأثیر دارد. روغن فرار و عصاره هیدروالکلی خوشاریزه اثر ضد اسپاسم دارد و در کنترل کرامپ‌های شکمی مؤثر بوده است و *E. platyloba* اثرات ضدقارچ و باکتری نشان داده است. روغن فرار گیاه *E. sibthorpiana* اثرات بازیافت رادیکال‌های آزاد و ضدمیکروبی داشته است. از برگ‌های خشک و سرشاخه‌های گلدار خوشاریزه به‌عنوان چاشنی غذا و معطر کردن ماست و پنیر در کردستان و لرستان استفاده می‌شود. در مواد غذایی و ترشیجات جهت جلوگیری از کپک زدن مواد غذایی کاربرد دارد که به خاصیت ضدقارچی آن باز می‌گردد. در طب سنتی به‌عنوان داروی ضد دلپیچه و اسهال استفاده می‌شود. عصاره هیدروالکلی این گیاه بر روی درماتوفیت‌های پوستی مؤثر است. اسانس و فلاونوئید آن اثر ضداسپاسمی بر روی انقباضات روده باریک دارد (۲٤). پودر خوشاریزه به‌عنوان یک ماده نگهدارنده طبیعی و جایگزین برای پتاسیم سوربات در خیار شور است (۲۵).

جمع‌آوری داده‌های حضور و برداشت نمونه‌های گیاه خوشاریزه: با پیمایش زمینی تیپ رویش *E. platyloba* در منطقه شناسایی و محدوده آن به کمک عوارض طبیعی مشخص شد. با استفاده از تجربه افراد محلی به‌خصوص چوپان‌ها، مکان‌های حضور گونه مشخص شد. در اواخر اردیبهشت، خرداد و اوایل تیرماه سال ۱٤۰۰، ٤۳ مکان حضور گیاه خوشاریزه (شکل ۳) ثبت و برداشت نمونه‌های گیاهی انجام شد. حداقل فاصله نقاط حضور گونه ٦۰۰ متر ثبت شده است. براساس مطالعه غنی و همکاران (۲٦) بعد از مرحله رویشی و قبل از شروع مرحله گلدهی میزان اسانس در گیاه خوشاریزه در بالاترین سطح قرار دارد، بنابراین برداشت نمونه‌های گیاهی در این دوره انجام گرفت. پس از دریافت نتایج، درصد بازده اسانس هر نمونه گیاهی محاسبه شده و ۵۰ درصد از نقاط حضور گونه که دارای بازده اسانس مناسب بودند برای اجرای مدل انتخاب شدند.

استخراج اسانس خوشاریزه: به‌منظور استخراج اسانس، نمونه‌های گیاهی به مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی مشهد ارسال شدند. به این منظور از روش تقطیر با آب توسط دستگاه کلونجر صورت گرفت. در ابتدا نمونه‌ها آسیاب شده و سپس با الک‌های یکسان الک شد تا همه نمونه‌ها از نظر اندازه ذرات مشابه

باشند. به این ترتیب وزن مشخصی از گیاه (بین ۷۰ تا ۱۰۰ گرم) توزین شده و همراه با چند دانه سنگ جوش به بالن دو لیتری منتقل شد، یک لیتر آب مقطر به نمونه اضافه گردید و کاملاً مخلوط شد. پس از نصب مبرد کلونجر، حرارت‌دهی شروع شد تا به نقطه جوش برسد. عمل اسانس‌گیری بعد از به جوش آمدن به‌طور مشابه برای همه نمونه‌ها به مدت چهار ساعت ادامه یافت. اسانس فاز روغنی است که روی فاز آبی باقی می‌ماند و ممکن است در هنگام جداسازی مقدار کمی رطوبت همراه با اسانس باقی بماند که این رطوبت باقی‌مانده با استفاده از سولفات سدیم جامد حذف می‌شود. در نهایت اسانس به‌دست آمده جمع‌آوری و توزین می‌شود. برای محاسبه درصد بازده اسانس هر یک از نمونه‌های گیاهی از رابطه ۱ استفاده شد:

$$\text{بازده اسانس} = \frac{\text{وزن اسانس}}{\text{وزن خشک گیاه}} \times ۱۰۰ \qquad (۱)$$

داده‌های متغیرهای محیطی: برای مدل‌سازی پراکنش جغرافیایی گیاه خوشاریزه و تهیه نقشه مطلوبیت رویشگاه ۲۹ عامل محیطی شامل سه عامل توپوگرافی، هفت عامل خاک و نوزده عامل زیست اقلیمی در نظر گرفته شد.

عوامل توپوگرافی: عوامل توپوگرافی شامل لایه‌های شیب، جهت شیب و ارتفاع از سطح دریا در تهیه نقشه تناسب رویشگاه به‌عنوان متغیرهای مستقل وارد مدل شدند. متغیرهای توپوگرافی با استفاده از لایه رقومی ارتفاع خراسان رضوی و در محیط نرم‌افزار Arc GIS 10.5 تهیه شدند. لایه رقومی ارتفاع مورد استفاده با اندازه سلول ۳۰ متر از طریق پایگاه اینترنتی WWW.USGS.ORG دریافت شده است.

داده‌های اقلیمی: داده‌های مربوط به ۱۹ عامل اقلیمی (جدول ۱) که همه براساس داده‌های میانگین درجه حرارت سالانه و بارندگی ماهانه هستند، برای سال‌های ۱۹۵۰–۲۰۰۰ میلادی از سایت worldclime.org اخذ گردیده است. سپس نقشه هر یک از عوامل تهیه گردید.

جدول ۱- لایه‌های اقلیمی به‌کار رفته برای مدل‌سازی به همراه نام اختصاری آن‌ها.

Table 1. Bioclimatic variables used for modeling along with their abbreviations.

متغیر اقلیمی Climatic variable	نام اختصاری Abbreviation	متغیر اقلیمی Climatic variable	نام اختصاری Abbreviation
میانگین دمای سالانه Annual Mean Temperature	BIO1	دمای متوسط سردترین سه ماهه متوالی Mean Temperature of Coldest Quarter	BIO11
همسانی دما Mean of monthly (max temp - min temp)	BIO2	مجموع بارندگی سالانه Annual Precipitation	BIO12
میانگین دمای روزانه Isothermality (BIO2/BIO7) (×100)	BIO3	مجموع بارندگی پربارش‌ترین ماه Precipitation of Wettest Month	BIO13
تغییرات فصلی دما Temperature Seasonality	BIO4	مجموع بارندگی کم بارش‌ترین ماه Precipitation of Driest Month	BIO14
حداکثر دمای گرم‌ترین ماه Max Temperature of Warmest Month	BIO5	تغییرات فصلی بارندگی (ضریب تغییرات) Precipitation Seasonality (Coefficient of Variation)	BIO15
حداقل دمای سردترین ماه Min Temperature of Coldest Month	BIO6	مجموع بارندگی پربارش‌ترین سه ماهه متوالی Precipitation of Wettest Quarter	BIO16
دامنه تغییرات دمای سالانه Temperature Annual Range	BIO7	مجموع بارندگی کم بارش‌ترین سه ماهه متوالی Precipitation of Driest Quarter	BIO17
دمای متوسط پربارش‌ترین سه‌ماهه متوالی Mean Temperature of Wettest Quarter	BIO8	مجموع بارندگی گرم‌ترین سه ماهه متوالی Precipitation of Warmest Quarter	BIO18
دمای متوسط کم‌بارش‌ترین سه‌ماهه متوالی Mean Temperature of Driest Quarter	BIO9	مجموع بارندگی سردترین سه ماهه متوالی Precipitation of Coldest Quarter	BIO19
دمای متوسط گرم‌ترین سه ماهه متوالی Mean Temperature of Warmest Quarter	BIO10		

داده‌های خاک: به‌منظور تهیه لایه‌های خاکشناسی، اطلاعات مربوط به ۱۵۹ نمونه خاک از مرکز تحقیقات و ادارات منابع طبیعی استان خراسان رضوی دریافت شد. متغیرهای خاک شامل درصد شن، درصد سیلت، درصد رس، هدایت الکتریکی، قلیائیت خاک، درصد اشباع آب خاک و مقدار ماده آلی است. سپس نقشه مربوط به هر متغیر خاک با استفاده از روش‌های میان‌یابی تهیه شد. سه شاخص مقدار میانگین قدرمطلق خطا (MAE)[1]، میانگین انحراف خطا (MBE)[2] و جذر میانگین مربع خطا (RMSE)[3] برای انتخاب مناسب‌ترین روش میان‌یابی استفاده شدند (۲۵). مقدار این شاخص بین صفر تا یک متغیر است و هرچه به صفر نزدیک‌تر باشد دقیق‌تر است. معادلات این آماره‌ها در روابط ۲ تا ٤ ارائه شده‌اند.

$$MBE = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(O_i - P_i) \qquad (۲)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(O_i - P_i)^2}{N}} \qquad (۳)$$

$$MAE = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left|\frac{O_i - P_i}{O_i}\right| \qquad (٤)$$

مدل آنتروپی بیشینه (MaxEnt)[4]: در سال ۱۹۵۷ توسط ژاینس روش حداکثر آنتروپی معرفی شد. آنتروپی معیاری از قطعیت اطلاعات است. این روش به حداکثر بی‌نظمی یا نزدیکی به واقعیت اشاره دارد. نرم‌افزار مکسنت سامانه‌ای رایانه‌ای برای ارزیابی مطلوبیت زیستگاه حیات‌وحش و رویشگاه گیاهان بر مبنای حداکثر بی‌نظمی و روش یادگیری ماشینی است در دانشگاه پرینستون کشور آمریکا توسط فیلیپس ارائه شده است. برای مدل‌سازی این روش به اطلاعات حضور گونه و لایه‌های اطلاعات محیطی منطقه مورد مطالعه که به‌صورت پیوسته یا گسسته می‌باشند نیاز دارد (۱۷). برنامه MAXENT احتمال رخداد گونه را در دامنه صفر به عنوان پایین‌ترین احتمال و یک بالاترین احتمال نشان می‌دهد. در واقع مدل حداکثر بی‌نظمی رابطه بین حضور گونه با عوامل محیطی زیستگاه را بررسی نموده و سپس در سراسر منطقه مورد مطالعه از اصول حداکثر آنتروپی برای تولید پیش‌بینی تناسب رویشگاه در مناطقی که نمونه‌برداری نشده‌اند، استفاده می‌کند (۲۷). روش آنتروپی بیشینه در مقایسه با سایر روش‌های مدل‌سازی که برای داده‌های فقط حضور استفاده می‌شوند، تنظیماتی برای کاهش انحراف نمونه‌برداری مکانی دارد و حتی اگر اندازه نمونه نیز کوچک باشد کم‌تر از همبستگی متغیرها تأثیر می‌گیرد (۲۸).

با استفاده از منحنی پاسخ گونه به ویژگی‌های محیطی و آزمون جک‌نایف، مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر پراکنش گونه مورد بررسی استفاده شد. اهمیت متغیرها در مدل نهایی بررسی شد (۲۹). برای ارزیابی مدل حداکثر بی‌نظمی از سطح زیر منحنی ROC و مقدار (AUC) استفاده شد. منحنی مشخصه عملکرد از پلات کردن نقاط حضور واقعی در برابر عدم حضور کاذب ساخته می‌شود. محدوده سطح زیر منحنی از نیم (مواردی که تفاوتی بین امتیازات دو گروه یعنی حضورهای صحیح و عدم حضورهای صحیح وجود نداشته) تا یک (مواردی که در توزیع امتیازات دو گروه همپوشانی وجود نداشته و تمایز

1- Mean Absolute Error
2- Mean Bias Error
3- Root Mean Square Error
4- Maximum entropy

عالی است) تغییر می‌کند و قدرت تشخیص مدل بین حضور و عدم حضور را نشان می‌دهد. اگر عدد به‌دست آمده به یک نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده تطابق بهتر مدل با واقعیت است. نقشه مطلوبیت رویشگاه به چهار طبقه نامناسب، کمی مناسب، نسبتاً مناسب و مناسب تقسیم گردید (۳۰).

نتایج

توپوگرافی منطقه مورد مطالعه: براساس نقشه‌های توپوگرافی تهیه شده طبقه ارتفاعی ۲۲۰۰-۱۸۰۰ متر از سطح دریا بیش‌ترین مساحت در حدود ۵۵ درصد از کل مساحت شهرستان را در برگرفته است و طبقه ارتفاعی ۱۴۰۰-۱۰۰۰ متر از سطح دریا دارای کم‌ترین مساحت می‌باشد (جدول ۲). طبقه شیب ۵-۰ بیش‌ترین مساحت در حدود ۸۱ درصد از مساحت کل شهرستان را در برگرفته و طبقه بیش‌تر از ۲۰ درصد دارای کم‌ترین مساحت می‌باشد (جدول ۲). بیش‌ترین مساحت مربوط به شیب جنوبی با ۳۴/۸ درصد از مساحت منطقه بیش‌ترین سطح را در برگرفته است.

جدول ۲- مساحت هریک از طبقات ارتفاع، شیب و جهات شیب در منطقه مورد مطالعه.

Table 2. The area of altitude, slope and aspect classes in study area.

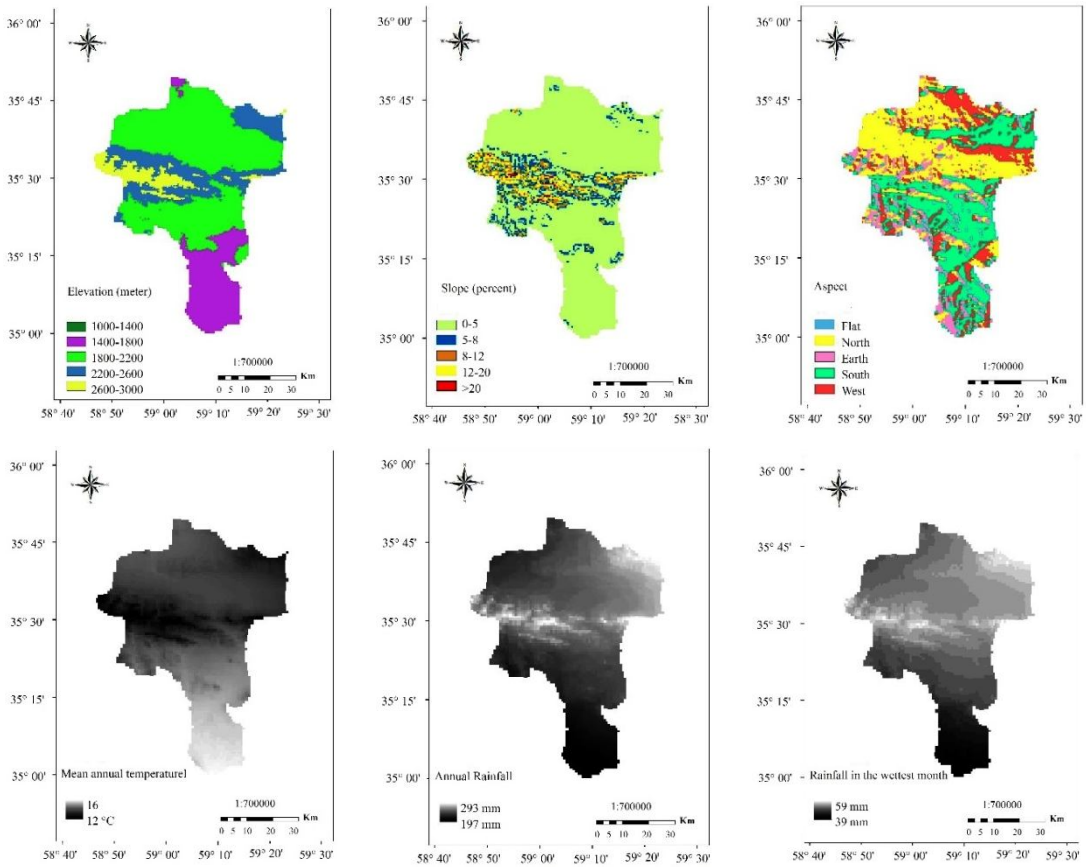
ارتفاع (متر) Altitude (m)	مساحت (هکتار) Area (ha)	مساحت (درصد) Area (%)	شیب (درصد) Slope (%)	مساحت (هکتار) Area (ha)	مساحت (درصد) Area (%)	جهت شیب Aspect	مساحت (هکتار) Area (ha)	مساحت (درصد) Area (%)
1000-1400	25	0.007	0-5	300125	81	مسطح Flat	800	0.2
1400-1800	68575	18	5-8	34850	9	شمال North	116150	31
1800-2200	204400	55	8-12	21100	5.6	شرق East	52325	14
2200-2600	74275	20	12-20	15350	4	جنوب South	129700	34.8
2600-3000	25675	6.993	20<	1525	0.4	غرب West	73975	20

داده‌های خاک: جدول ۳ مقدار میانگین قدرمطلق خطا (MAE)، میانگین انحراف خطا (MBE) و جذر میانگین مربع خطا (RMSE) برای میان‌یابی متغیرهای خاک می‌باشد. مقدار بهینه برای هر سه شاخص صفر است. نقشه متغیرهای محیطی مورد استفاده به‌منظور پیش‌بینی نقشه رویشگاه خوشاریزه در شکل ۲ ارائه شده است.

جدول ۳- مقادیر شاخص‌های آماری روش‌های میان‌یابی برای فاکتورهای خاک.

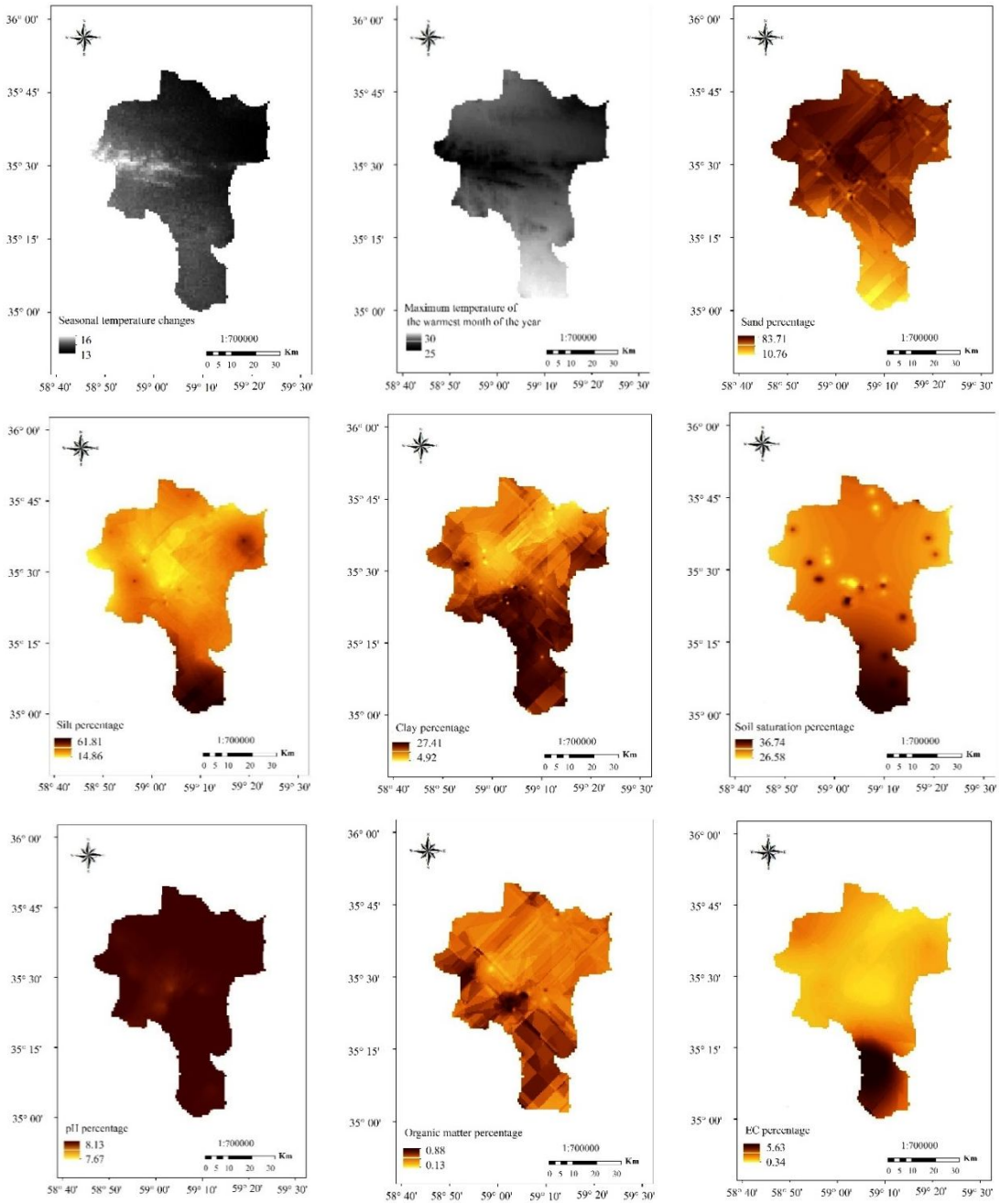
Table 3. Values of statistical factors of interpolation methods for soil factors.

MAE	MBE	RMSE	روش درون‌یابی Interpolation method	متغیر Factor
0.11	-0.2	0.13	کریجینگ معمولی Ordinary Kriging	شن Sand
0.09	0.019	0.11	کریجینگ معمولی Ordinary Kriging	سیلت Silt
0.04	0.0006	0.05	کریجینگ معمولی Ordinary Kriging	رس Clay
0.017	-0.0006	0.028	کریجینگ جداساز Disjunctive Kriging	ماده آلی Organic matter
0.022	0.003	0.06	کریجینگ جداساز Disjunctive Kriging	اسیدیته pH
0.03	0.005	0.053	کریجینگ جداساز Disjunctive Kriging	اشباع آب خاک Soil saturation
0.013	-0.008	0.051	کریجینگ معمولی Ordinary Kriging	هدایت الکتریکی EC



شکل ۲- نقشه پارامترهای محیطی مؤثر بر پراکنش گونه خوشاریزه.

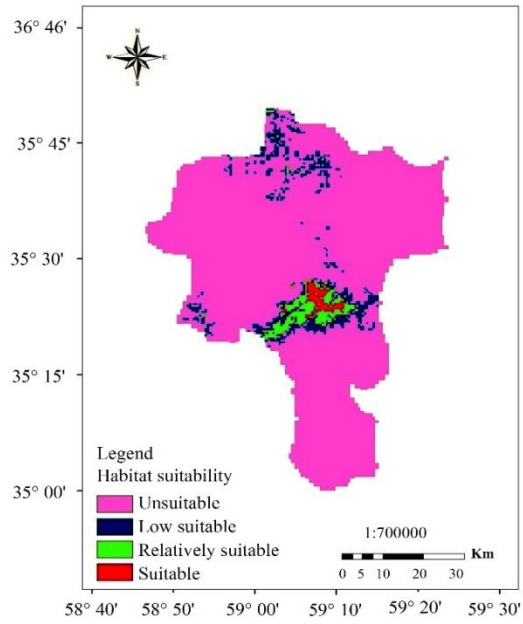
Figure 2. Map of environmental parameters affecting the distribution of the species *E. platyloba*.



ادامه شکل ۲-

Continue Figure 2.

نقشه تناسب رویشگاه بالقوه خوشاریزه: شکل‌های ۳ و ٤ به ترتیب نقشه تناسب رویشگاه و رویشگاه بالفعل گونه خوشاریزه در شهرستان تربت‌حیدریه را نشان می‌دهند. در جدول ٤ نیز طبقات مربوط به تناسب رویشگاه ارائه شده است. نتایج نشان داد که از مساحت، ۳۷۲٬۹۵۰ هکتار شهرستان تربت‌حیدریه ۳۹۹/۱۵۰ هکتار معادل ۹۱ درصد از کل مساحت منطقه در کلاس رویشگاهی نامناسب، و ۳/۵۷۵ هکتار معادل ۰/۹ درصد از منطقه برای رویش گیاه خوشاریزه مناسب می‌باشد.



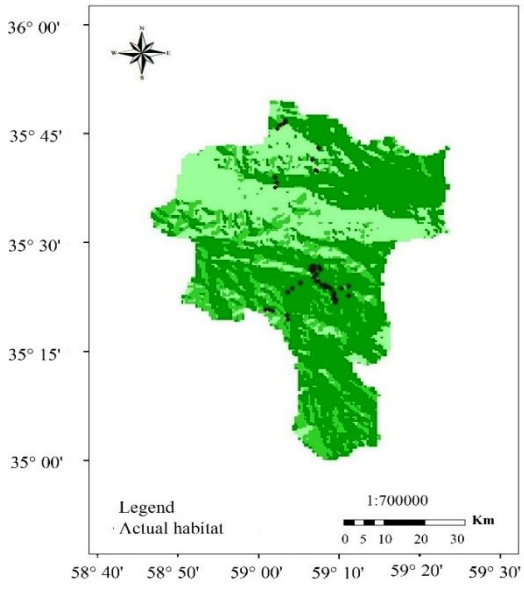
شکل ۳- نقشه تناسب رویشگاه برای گیاه خوشاریزه.

Figure 3. The map of habitat suitability for *Echinophora platyloba.*

جدول ٤- مساحت هر طبقه از تناسب رویشگاه.

Table 4. The area of each class of habitat suitability.

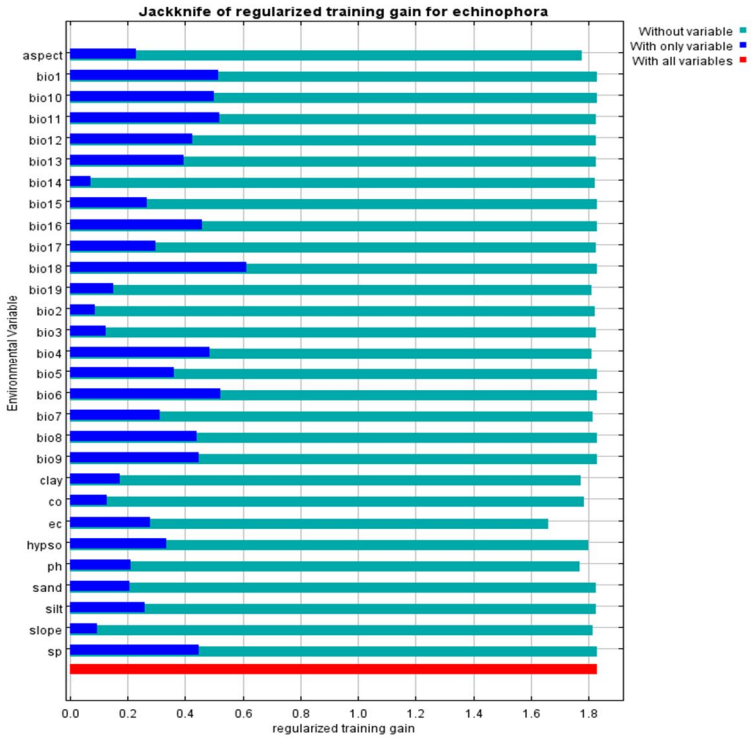
مساحت (درصد)	مساحت (هکتار)	طبقه تناسب رویشگاه
Area (%)	Area (ha)	Class of habitat suitability
91	339150	نامناسب Unsuitable
5.6	20750	کمی مناسب Low suitable
2.5	9475	نسبتاً مناسب Relatively suitable
0.9	3575	مناسب suitable



شکل ٤- نقشه رویشگاه بالفعل خوشاریزه. نقاط سیاه رنگ نشان‌دهنده نقاط حضور گونه خوشاریزه است.

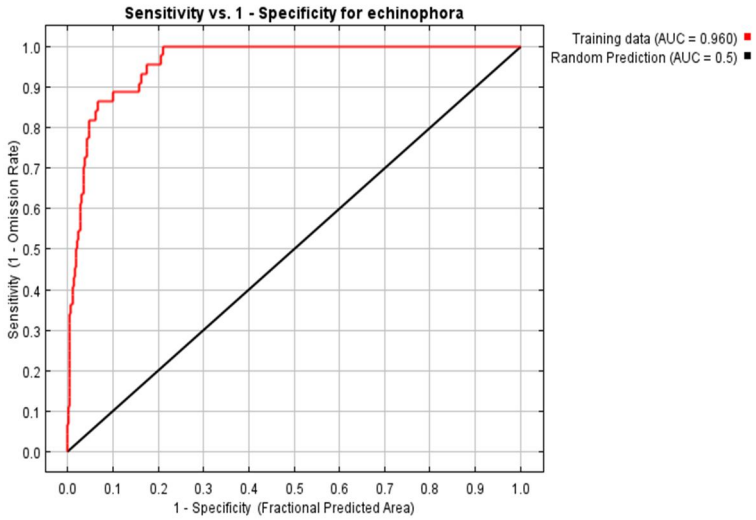
Figure 4. Map of actual habitat for *Echinophora platyloba.* Black dots indicate the presence of the *Echinophora platyloba.*

آزمون جک‌نایف مربوط به متغیرهای محیطی مؤثر بر رویشگاه بالقوه خوشاریزه: سهم هر یک از متغیرهای زیست‌محیطی در توسعه مدل توسط آزمون جک‌نایف در شکل ٤ نشان داده شده است. براساس شکل مهم‌ترین متغیرهایی که بیش‌ترین تأثیر را در مدل داشته‌اند به‌ترتیب عبارتند از: هدایت الکتریکی خاک، قلیائیت خاک، مجموع بارندگی پربارش‌ترین سه ماهه متوالی و مجموع بارندگی کم‌بارش‌ترین ماه بودند که ٥٤ درصد تغییرات پراکنش گونه مورد مطالعه را نشان می‌دهند. نتایج این پژوهش نیز نشان از اهمیت خصوصیات شیمیایی خاک به ویژه هدایت الکتریکی و اسیدیته خاک بر پراکنش و میزان اسانس گیاه خوشاریزه در شهرستان تربت‌حیدریه دارد، به‌طوری‌که بیش‌ترین تناسب رویشگاهی و کمیت اسانس در دامنه هدایت الکتریکی ٠/٤–٠/٢ دسی‌زیمنس بر متر و اسیدیته ٧/٩٥–٧/٩٣ مشاهده می‌شود. شوری خاک یکی از عوامل محدودکننده رشد گیاهان محسوب می‌شود که بر اثر تجمع املاح خاک است و با افزایش غلظت املاح محلول زیاد می‌شود. با افزایش غلظت املاح محلول، هدایت الکتریکی به دلیل وجود یون‌ها بیش‌تر می‌شود. تأثیر املاح زیاد خاک بر روی گیاهان از نظر جذب آب و سمیت یون‌ها است. اگر مقدار املاح محلول خاک زیاد باشد، مکش آب خاک زیاد شده و بنابراین آب مفید خاک برای گیاه کم خواهد شد (٣١). براساس نتایج به‌دست آمده از پژوهش ریاضی‌نیا و همکاران (٢٠٢١) در مراتع قشلاقی شهرستان مراوه‌تپه ارتفاع از سطح دریا، میزان پتاسیم و هدایت الکتریکی و در مراتع ییلاقی شهرستان آزادشهر ارتفاع، هدایت الکتریکی و درصد سیلت خاک مؤثرترین عوامل حضور گونه *Perovskia abrotanoidse* Karel. محسوب می‌شوند (٣٢). روابط بین متغیرهای محیطی و رویشگاه مطلوب گیاه با منحنی‌های پاسخ نمایش داده می‌شود. شکل ٦ منحنی پاسخ خوشاریزه به متغیرهای زیست‌محیطی را نشان می‌دهد که برابر ٠/٩٦ می‌باشد و نشانگر پیش‌بینی بسیار عالی مدل می‌باشد.



شکل ٥- اهمیت متغیرهای تأثیرگذار در حضور گونه خوشاریزه براساس آزمون جک‌نایف.

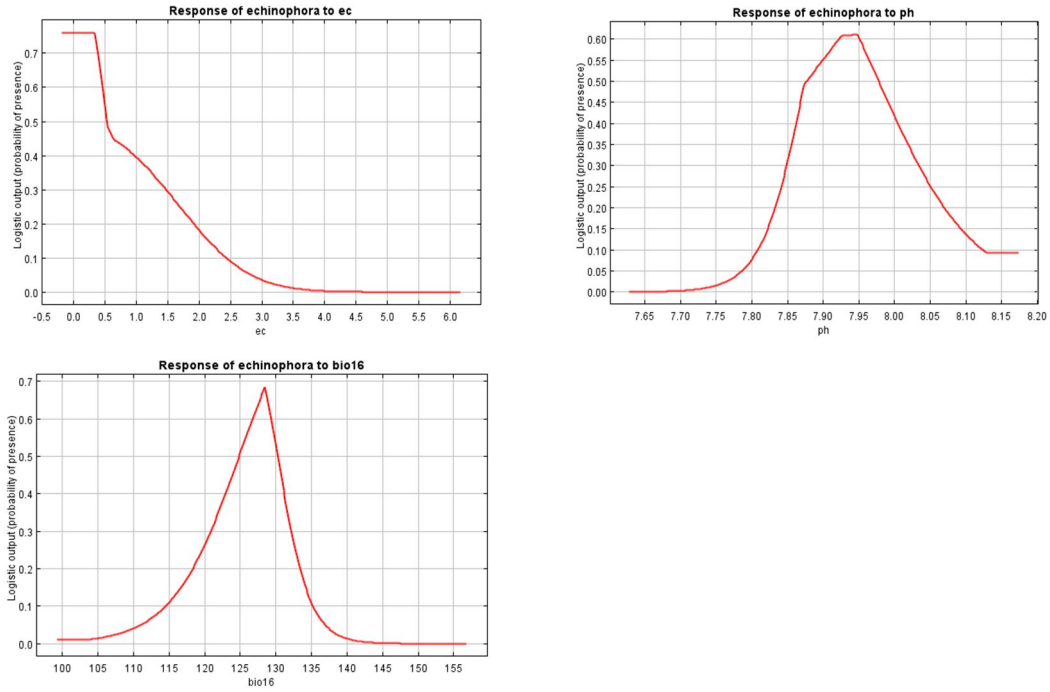
Figure 5. Importance of influential variables in the presence of *Echinophora platyloba* based on the Jackknife test.



شکل ٦- منحنی ROC و مقدار AUC مدل پیش‌بینی خوشاریزه.

Figure 6. ROC curve and AUC value of the forecasting model.

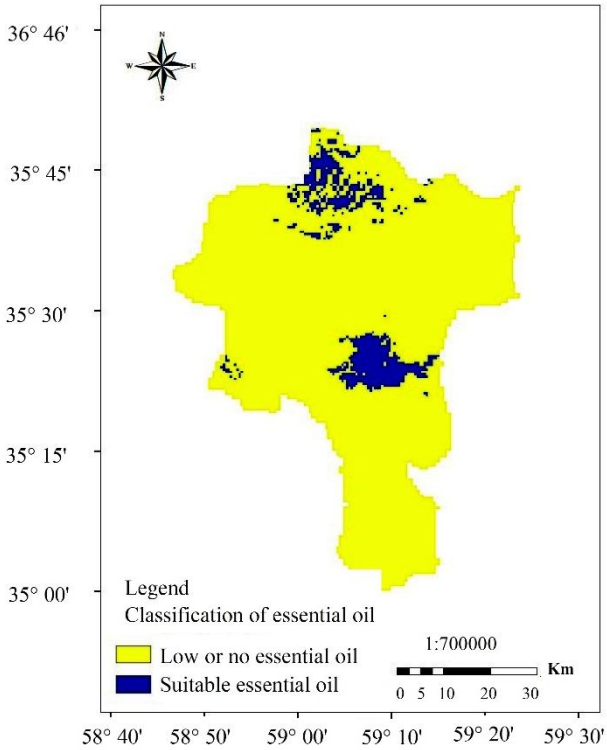
منحنی‌های پاسخ مربوط به پیش‌بینی رویشگاه بالقوه خوشاریزه: در شکل ٦ منحنی پاسخ سه پارامتر هدایت الکتریکی، اسیدیته و پرباران‌ترین سه ماه متوالی که بیش‌ترین اهمیت را در حضور گونه خوشاریزه دارند ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود محدوده بهینه شرایط خاکی برای پراکنش گیاه، هدایت الکتریکی ۰/۲-۰/٤ دسی‌زیمنس بر متر و اسیدیته خاک ۷/۹۳-۷/۹۵ می‌باشد و هنگامی که مجموع بارندگی پربارش‌ترین سه ماهه متوالی بین ۱۳۰-۱۲۵ میلی‌متر باشد احتمال حضور گونه افزایش می‌یابد.



شکل ۷- منحنی‌های پاسخ متغیرهای هدایت الکتریکی، اسیدیته و پرباران‌ترین سه ماه متوالی برای گونه خوشاریزه.

Figure 7. Response curves of electrical conductivity, acidity and the Precipitation of Wettest Quarter for *Echinophora platyloba*.

طبقه‌بندی مناطق دارای اسانس در شهرستان تربت‌حیدریه: شکل ۸ نقشه مناطق دارای اسانس مناسب، اسانس کم و فاقد اسانس را نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۵، ۲۷۲۲۵ هکتار معادل ۷/۳ درصد از مساحت شهرستان تربت‌حیدریه دارای اسانس مناسب می‌باشند.



شکل ۸- نقشه طبقه‌بندی مناطق دارای اسانس.

Figure 8. Classification map of areas with essential oils.

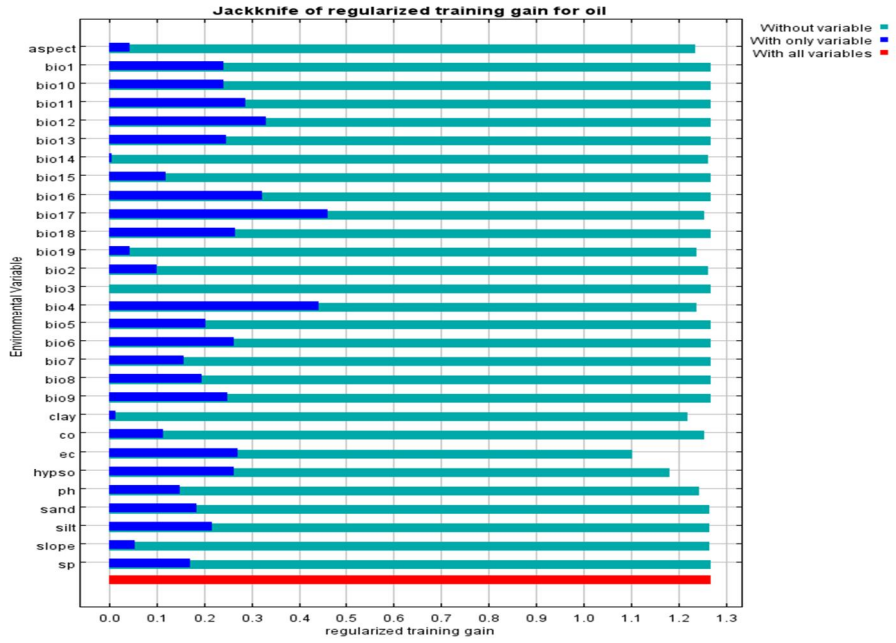
جدول ۵- مساحت مناطق دارای اسانس.

Table 5. The area of essential oil areas.

مساحت (درصد) Area (%)	مساحت (هکتار) Area (ha)	طبقه اسانس Class of essential oil
92.7	345725	اسانس کم و فاقد اسانس Low or no essential oil
7.3	27225	اسانس مناسب Suitable essential oil

همان‌طور که در شکل ۹ مشاهده می‌شود مهم‌ترین عامل خاکی مؤثر بر رویشگاه‌های دارای اسانس مناسب خوشاریزه عبارتند از هدایت الکتریکی، اسیدیته و مجموع بارندگی کم بارش‌ترین سه ماهه متوالی می‌باشند که حدود ۵۸/۳ درصد در مدل مشارکت داشته‌اند. نتایج حاصل از پژوهش میرزایی موسی‌وند (۲۰۲۰) بیانگر آن است که عوامل محیطی شامل ارتفاع از سطح دریا، اسیدیته خاک، هدایت الکتریکی خاک، میزان عناصر آلی بر روی میزان تولید روغن‌های اسانسی و کیفیت آن‌ها و تعداد ترکیبات تشکیل‌دهنده آن‌ها به‌طور معنی‌داری تأثیرگذار است (۳۳). سعادت‌فر و همکاران (۲۰۲۰) تفاوت در میزان

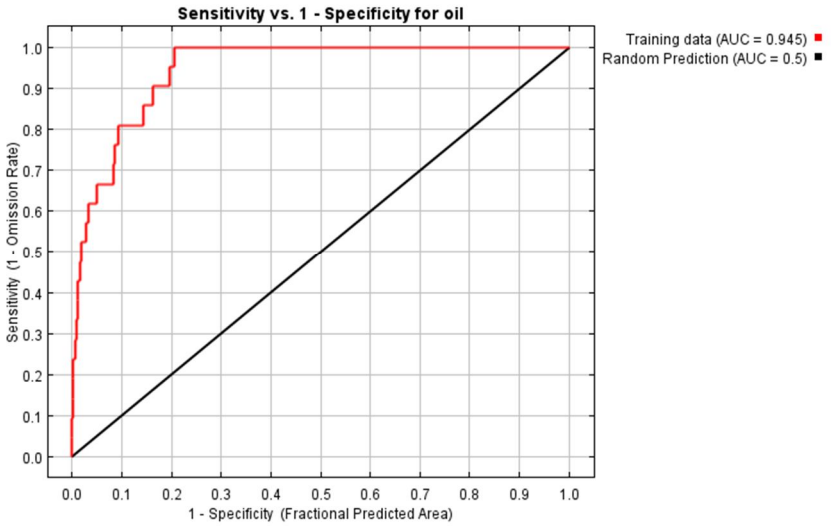
شیرابه، کمیت و کیفیت اسانس آنغوزه تلخ را ناشی از عوامل خاکی و ژنتیکی دانستند. بدین‌ترتیب بررسی کمیت و کیفیت اسانس گیاهان دارویی مختلف نشان داد، این تغییرات به فاکتورهای خاک وابسته بوده و بر کمیت و میزان اجزای تشکیل‌دهنده اسانس تأثیر می‌گذارد که با نتایج پژوهش حاضر در رابطه با تأثیر هدایت الکتریکی و اسیدیته خاک بر کمیت اسانس هم‌خوانی دارد (۳٤). بارندگی از جمله عوامل اقلیمی مؤثر بر کمیت و اجزای اسانس گیاهان می‌باشد. در این پژوهش نیز مجموع بارندگی کم‌بارش‌ترین سه‌ماهه متوالی مهم‌ترین عامل مؤثر بر میزان اسانس گیاه خوشاریزه در رویشگاه‌های مختلف شهرستان تربت‌حیدریه شناخته شد. یوسفی و یادگاری (۲۰۱٦) شرایط محیطی از جمله میزان بارندگی و درجه حرارت را بر عملکرد کمی و کیفی اسانس کنگر فرنگی (*Cynara scolymus*) معنی‌دار گزارش کردند (۳۵). صابر آملی و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهش خود به این نتیجه دست یافتند که میزان بارندگی تأثیر چندانی بر درصد اسانس آویشن کرمانی (*Thymus carmanicus* Jalas.) ندارد (۳٦). بررسی عوامل محیطی بر روی *Oliveria decumbens* Vent. توسط رزمجویی و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد که تنها بین فاکتور بارش سالانه و ارتفاع از سطح دریا با درصد اسانس و مواد مؤثره گیاه همبستگی معنی‌دار وجود دارد که این همبستگی در فاکتور بارش سالانه و ارتفاع معکوس است و از بین عوامل خاکی فاکتورهای هدایت الکتریکی، اسیدیته و ازت با درصد اسانس همبستگی مثبت و معنادار دارد. نتایج حاصله از پژوهش‌های ذکر شده بیانگر اثرات بارندگی بر میزان اسانس گیاهان دارویی مختلف است که با نتیجه این پژوهش هماهنگ می‌باشد (۳۷).



شکل ۹- اهمیت متغیرهای تأثیرگذار در مقدار اسانس خوشاریزه براساس آزمون جک نایف.

Figure 9. Importance of influential variables in the essential oil of *Echinophora platyloba* based on the Jackknife test.

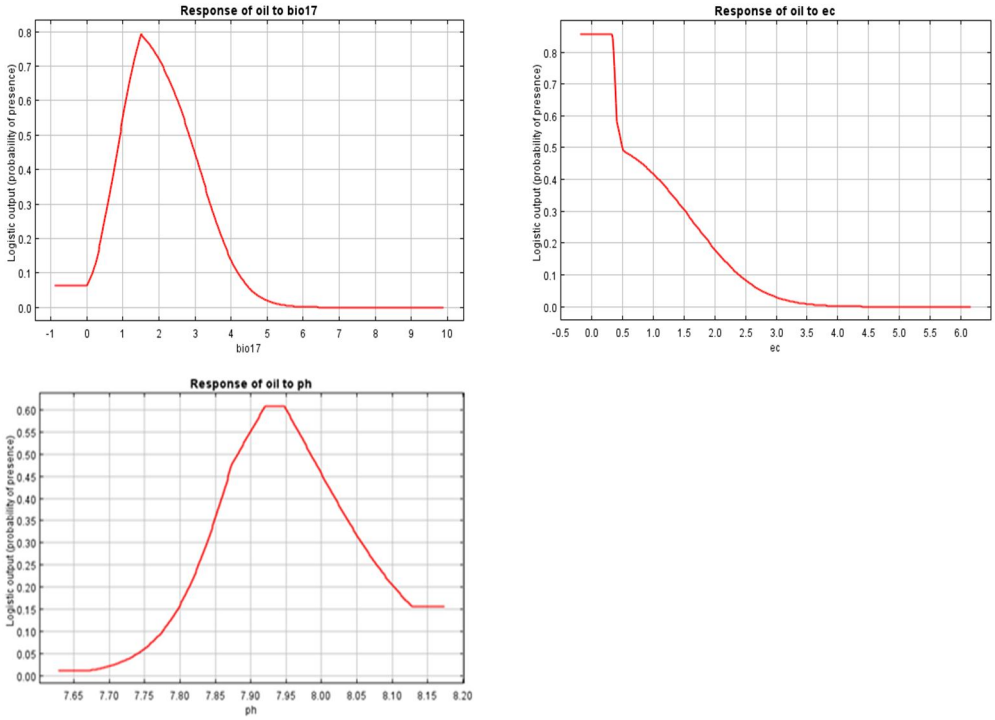
شکل ۱۰ رابطه بین متغیرهای زیست‌محیطی و رویشگاه مناسب از لحاظ میزان اسانس را نشان می‌دهد. در این پژوهش شاخص AUC برابر ۰/۹٤٥ می‌باشد که نشانگر پیش‌بینی بسیار عالی مدل در شناسایی رویشگاه‌هایی با بازده اسانس مناسب است. با توجه به این‌که تأثیر عوامل محیطی بر حضور گونه گیاهی و روابط بین گونه‌ای مؤثر است و یک یا چند عامل محیطی تأثیر بیش‌تری را در حضور یک گونه گیاهی خاص دارند، بنابراین با استفاده از روش‌های موجود مدل‌سازی، بتوان مؤثرترین عوامل محیطی در پراکنش پوشش گیاهی را تعیین نمود و رفتار گونه را نسبت به متغیرهای محیطی بررسی کرد می‌توان به مدل‌های مطلوب پراکنش گونه‌ای دست پیدا کرد. با استفاده از مدل‌سازی می‌توان نمونه‌برداری میدانی را به متغیرهای محیطی مانند آب و هوا، توپوگرافی، خصوصیات خاک، زمین‌شناسی یا پوشش زمین مربوط نمود. با تعیین عوامل مؤثر در حضور هر گیاه، در مطالعات بعدی فقط می‌توان مطالعه را بر روی این عوامل محیطی متمرکز کرد و از زمان و هزینه سایر عوامل جلوگیری کرد (۲۹). مدل‌های پراکنش گونه‌ای و به‌خصوص مدل حداکثر آنتروپی نقش مهمی را در تعیین عوامل مهم مؤثر پراکنش و هم‌چنین تهیه نقشه‌های پیش‌بینی حضور گونه‌ها ایفا نمایند. درک پراکنش مکانی گونه‌های گیاهی، که تأثیر برجسته‌ای در ارزیابی حفاظت منطقه‌ای و توسعه برنامه‌ریزی دارند، موجب شناخت عوامل بوم‌شناختی تأثیرگذار در رویشگاه آن‌ها خواهد شد. براساس بسیاری از مطالعات روش آنتروپی بیشینه از جمله روش‌هایی است که با وجود تعداد کم نقاط حضور گونه از توان پیش‌بینی بالایی برخوردار است. کاربرد این قاعده براساس قوانین ترمودینامیک فرآیندهای بوم‌شناختی حمایت می‌شود (۱۷). نتایج حاصل از مدلسازی می‌تواند در اقدامات مدیریتی برای پیشنهاد گونه‌های متناسب با شرایط خاک و توپوگرافی مختلف در برنامه‌های احیاء مراتع استفاده شود. مهم‌ترین عوامل مؤثر بر ترکیبات شیمیایی ثانویه گیاهان: عوامل ژنتیکی اثرات متقابل آن‌ها است. هم‌چنین از عوامل محیطی و اکولوژیکی می‌توان دما، بارندگی، طول روز، نور خورشید، تبخیر و تعرق و باد، هم‌چنین ارتفاع از سطح دریا، درصد شیب و جهت آن، عرض جغرافیایی، پوشش اراضی و نزدیکی به منابع آبی را نام برد که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم به واسطه تأثیر بر سایر عوامل بوم‌شناسی بر سنتز ترکیبات ثانویه به‌خصوص اسانس گیاهان مؤثر هستند (۳۸).



شکل ۱۰- منحنی ROC و مقدار AUC مدل پیش‌بینی اسانس خوشاریزه.

Figure 10. ROC curve and AUC value of the forecasting model for essential oil of *Echinophora platyloba*.

منحنی‌های پاسخ مربوط به پیش‌بینی رویشگاه‌های دارای بازده اسانس مناسب خوشاریزه: بررسی منحنی‌های پاسخ گیاه به متغیرهای محیطی نشان می‌دهد (شکل ۱۱) زمانی که مجموع بارندگی کم‌بارش‌ترین سه ماهه متوالی حدود ۲-۱/۵ میلی‌متر باشد و در هر نقطه از رویشگاه که دامنه هدایت الکتریکی خاک ۰/٤-۰/۲ دسی‌زیمنس بر متر و میزان اسیدیته خاک ۷/۹۵-۷/۹۳ است، میزان اسانس خوشاریزه از کمیت مناسبی برخوردار می‌باشد.



شکل ۱۱- منحنی‌های پاسخ متغیرهای هدایت الکتریکی، اسیدیته و مجموع بارندگی کم‌بارش‌ترین سه‌ماهه متوالی برای اسانس گونه خوشاریزه.

Figure 11. Response curves of electrical conductivity, acidity and the precipitation of driest quarter for *Echinophora platyloba*.

نتیجه‌گیری

هدف اصلی این پژوهش شناسایی مکان‌هایی در شهرستان تربت‌حیدریه است که گیاه خوشاریزه بازده اسانس مناسب و بهینه دارد. نقشه تناسب رویشگاه خوشاریزه در شهرستان تربت‌حیدریه نشان داد که از کل مساحت، ۵۷۲،۹۵۰ منطقه مورد مطالعه، ۳۳۹/۱۵۰ هکتار معادل ۹۱ درصد از کل منطقه در کلاس رویشگاهی نامناسب، ۲۰/۷۵۰ هکتار معادل ۵/٦ درصد از منطقه کمی مناسب، ۹/٤۷۵ هکتار معادل ۲/۵ درصد از منطقه نسبتاً مناسب و ۳/۵۷۵ هکتار معادل ۰/۹ درصد از منطقه برای رویش گیاه خوشاریزه مناسب می‌باشد و عوامل محیطی هدایت الکتریکی، اسیدیته، مجموع بارندگی پربارش‌ترین سه ماهه متوالی، مجموع بارندگی کم‌بارش‌ترین ماه بیش‌ترین تأثیر را در پراکنش گیاه خوشاریزه در تربت‌حیدریه داشتند. نقشه‌های پیش‌بینی شده می‌تواند به عنوان راهنمایی برای تشخیص مناطقی که قابلیت رویش گیاهان با ارزش یا گیاهان در حال انقراض را دارند

به‌کار برده می‌شود علاوه بر این رویشگاه‌های جدیدی از گیاهان یافت شده که می‌توان از بذور آن‌ها در کاشت و احیاء مراتع استفاده گردد. نتایج نشان داد ۲۷۲۲۵ هکتار معادل ۷/۳ درصد از مساحت شهرستان تربت‌حیدریه دارای اسانس مناسب می‌باشند و مجموع بارندگی کم‌بارش‌ترین سه ماهه متوالی، هدایت الکتریکی خاک، اسیدیته خاک و مجموع بارندگی پربارش‌ترین سه ماهه متوالی مهم‌ترین عوامل محیطی تأثیرگذار بر کمیت اسانس خوشاریزه در رویشگاه‌های تربت‌حیدریه می‌باشد. شناسایی رویشگاه‌هایی که دارای بازده اسانس مناسب هستند موجب می‌شود که بهره‌برداری در این مناطق با کاهش تخریب منابع طبیعی انجام گیرد. شناخت گیاهان دارویی بومی کشور و تعیین شرایط بهینه رشد و تولید و بازدهی بیش‌تر اسانس آن‌ها جزء اولین گام‌هایی است که می‌تواند برای بهره‌برداری پایدار و مقرون به صرفه اقتصادی این گیاهان برداشته شود. پیشنهاد می‌شود در برنامه‌های مدیریت مرتع اگر هدف، کاشت گیاه برای احیاء مرتع می‌باشد از نقشه تناسب رویشگاه استفاده شود اما اگر هدف استفاده از اسانس این گیاه می‌باشد از نقشه پیش‌بینی مکان‌هایی که دارای بازده اسانس مناسب هستند استفاده گردد. پیشنهاد می‌شود با توجه به گیاهان دارویی مهم هر منطقه نقشه مناطق دارای بازده اسانس تهیه گردد و در اختیار بهره‌بردار قرار گیرد تا با کم‌ترین برداشت از گیاه در طبیعت به میزان مناسبی از اسانس دست یابد.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از دانشگاه تربت‌حیدریه که موجبات تسهیل انجام این پژوهش را فراهم نموده‌اند تشکر می‌نمایند.

داده‌ها و اطلاعات

داده‌های این پژوهش مربوط به پایان‌نامه فوق‌لیسانس نویسنده اول که در شهرستان تربت‌حیدریه واقع در استان خراسان‌رضوی انجام گرفته است. نویسندگان حداقل سطح دسترسی که بررسی داده‌ها و اطلاعات توسط سردبیر/دبیرتخصصی و داوران است، پذیرفته و با مکاتبه با نویسنده مسئول داده‌ها قابل دسترسی است.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافعی وجود ندارد و این مسأله مورد تأیید همه نویسندگان است.

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول: اندازه‌گیری میدانی و آماده‌سازی داده‌ها، انجام آنالیزهای آماری و نگارش مقاله.

نویسنده دوم: استاد راهنمای پایان‌نامه، طراحی پژوهش، نظارت بر مراحل انجام پژوهش، بررسی و کنترل نتایج، اصلاح، بازبینی و نهایی‌سازی مقاله.

نویسنده سوم و چهارم: استادان مشاور پایان‌نامه، مشارکت در طراحی پژوهش و نظارت بر پژوهش، مطالعه و بازبینی مقاله.

اصول اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این اثر عملی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آن‌ها می‌باشد.

حمایت مالی

حمایت مالی از این پژوهش از طرف دانشگاه تربت‌حیدریه و دانشکده کشاورزی در قالب گرانت پایان‌نامه دانشجویی نویسنده اول انجام شده است.

منابع

1. Atai, N. (2013). Report on the achievements of the Saffron Medicinal Plant Trading Board to China and Japan. Ministry of Industry, mine and Trade.
2. Mogheyse, E., & Ghorbanli, M. (2009). Some effects of different habitats on antimicrobial activities of (*Urtica dioica* L.). *Journal on Plant Science Researches*, 3(1), 55-64.
3. Zare chahouki, M. A., & Abbasi, M. (2016). Determining the potential habitat of Ermak or *Ephedra strobilacea* plant species using the maximum entropy model (Maxent) in Pashtkoh rangeland of Yazd province. *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, 4(9), 195-212.
4. Sarhangzadeh, J., & Elmi, M. (2020). Application of Maximum Entropy in Prediction of Common Yew (Taxus baccata L.) potential habitats in the Arasbaran biosphere reserve. *Iranian Journal of Forest*, 12(3), 359-375.
5. Yazdanshenas, H., Jafari, M., Azarnivand, H., & Arzani, H. (2016). Investigating Tragacanth Gum potential production and harvesting based on soil factors in Tiran and Karvan region (Isfahan). *Rangeland*, 9(3), 207-221.
6. Motamedi, J., Arzani, H., Asri, Y., Najafpour Navaei, M., & Khalifehzadeh, R. (2022). Study on exploitability of medicinal plants in semi-steppe habitat using ecological and economic indices. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research,* 38(3), 373-389.
7. Rozkhosh, T. (2016). Anti-listerial effect of aqueous and ethanolic extracts of the plant (Echinophora peltiloba) in culture medium and sterilized milk. Master thesis, Shahrekord University.
8. Rabi, M., Firouzi Ardestani, M., Asri, Y., & Bakhshi Khaniki, Gh. R. (2015). Phytochemical investigation of essential Ziziphora clinopodioides Lam. In the natural habitats of Alborz and Mazandaran provinces. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*, 3(3), 54-61.
9. Mohammadi de Cheshme, N., Ghasemi Pirbaluti, A., Aghabrari, B., & Hamidi, B. (2015). Essential oil compounds, antibacterial property and antioxidant activity of essential oil of different ecotypes of *Nigella sativa* L. in different habitats of Iran. *Ecophytochemistry journal of Medicinal Plants*, 12(4), 58-68.
10. Ghazimoradi, M., Tarkesh, M., & Bashari, H. (2019). Modeling the potential habitat of *Ferula ovina* (Boiss) using Generalized Linear Model in Semi-Steppe rangelands of Western Isfahan. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 8(1), 59-70.
11. Rahmati, Z. (2012). Modeling the potential habitat of the plant species Ferula ovina using Artificial Neural Network and Multivariate Adaptive Regression Splines in Fereydoun area of Isfahan city. Master's thesis, Isfahan University of Technology.
12. Farashi, A. (2015). Habitat modelling as a suitable tool for management of wildlife habitats. Experimental animal Biology, 3(3), 43-53.
13. Guisan, A., & Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology letters*, 8(9), 993-1009.
14. Franklin, J. (2010). Mapping species distributions: spatial inference and prediction. Cambridge, University Press, Cambridge UK.
15. Merow, C., Smith, M. J., Edwards, T. C., Guisan, A., McMahon, S. M., Normand, S., Thuiller, W., Wuest, R. O., Zimmermann, E., & Elith, J. (2014). What do we gain from simplicity versus complexity in species distribution models?. *Ecography*, 37(12), 1267-1281.
16. Oswald, M. (2004). Implementation of the analytical hierarchy process with VBA in ArcGIS. *Computers & Geosciences*, 30(4), 637-646.
17. Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). Maximum Entropy modeling of species geographic

distributions. *Ecological modelling*, 190(3-4), 231-259.
18. Elith, J., Kearney, M., & Phillips, S. (2010). The art of modelling range-shifting species. *Methods in ecology and evolution*, 1(4), 330-342.
19. Ghafari, S., Ghorbani, A., Moammeri, M., Mostafazadeh, R., Bidar Lord, M., & Kake Mami, A. (2020). Modeling and determining effective factors in distribution of *Festuca ovina* using Maxent in rangelands of northern Ardabil province, *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 27(3), 433-462.
20. Hosseini, N., Ghorbanpour, M., & Mostafavi, H. (2024). The influence of climate change on the future distribution of two Thymus species in Iran: MaxEnt model-based prediction. *BMC Plant Biology*, 24(1), 269.
21. Ahmadi, M., Hemami, M. R., Kaboli, M., & Shabani, F. (2023). MaxEnt brings comparable results when the input data are being completed; Model parameterization of four species distribution models. *Ecology and Evolution*, 13(2), e9827.
22. Behmanesh, B., Tabasi, E., Fakhireh, A., & Khalasi Ahvazi, L. (2019). Modeling the distribution of medicinal plant species of Thymus kotschyanus and Achillea millefolium using ENFA and Logistic Regression. *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, 6 (13), 91-120.
23. Mozapharian, V. (2021). Medicinal and Aromatic Plants of Iran. Farhang moaser Publishers.
24. Jani-Najad, A. (2015). Identification of essential oil constituents, anatomical features and investigation of antioxidant effects of medicinal plants Echinophora platyloba and Euphorbia oraientalis of Delfan city. Master's thesis, Lorestan University.
25. Nasri, F., Barzegar, H., Alizadeh, B., & Jooyandeh, H. (2021). Effects of Echinophora platyloba on Microbiological, Physicochemical and Sensory Characteristics of Pickled Cucumbers During Storage. *Iranian J. Nutr. Sci. Food Technol.* 15(4), 61-70.
26. Ghani, A., Saharkhiz, M. J., Hassanzadeh, M. H., & Masaada, K. (2009). Changes in the essential oil content and chemical composition of Echinophora platyloba DC. at different growth stages. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 12(2), 162-171.
27. Evangelista, P. H., Kumar, S., Stohlgren, T. J., Jarnevich, C. S., Crall, A. W., Norman III, J. B., & Barnett, D. T. (2008). Modelling invasion for a habitat generalist and a specialist plant species. *Diversity and Distributions*, 14(5), 808-817.
28. Zhang, L., Jiang, B., Meng, Y., Jia, Y., Xu, Q., & Pan, Y. (2024). The Influence of Climate Change on the Distribution of Hibiscus mutabilis in China: MaxEnt Model-Based Prediction. *Plants*, 13(13), 1744.
29. Esfanjani, J., Ghorbani, A., Moameri, M., Zarechahouki, M. A., Esmali Ouri A., & Mirzaei Mossivand, A. (2020). Prediction of Distribution of Prangos Uloptera DC. Using Two Modeling Techniques in the Southern Rangelands of Ardabil Province, *Iran. Journal of Rangeland Science*, 10(2), 137-148.
30. Ghareghan, F., Ghanbarian, G., Pourghasemi, H. R., & Safaeian, R. (2020). Prediction of habitat suitability of *Morina persica* L. species using artificial intelligence techniques. *Ecological Indicators*, 112.
31. Azarnivand, H., & Zare Chahoki, M. A. (2013). Rangeland Ecology, Tehran University Press, 345 p.
32. Riazinia, V., Azimi, M., Sepehri, A., Kariminejad, N., & Campetella, G. (2021). Application of photogrammetric drone method to determine the habitat suitability of Perovskia abrotanoidse Karel. using MaxEnt model. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 36(6), 947-957.
33. Mirzaei Mossivand, A. (2020). Study on the Phytochemical Variability of Essential Oil of Pranos ferulacea Lindl. In different habitats of Delfan County. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*, 8(3), 19-33.

34. Saadatfar, A., Hossein Jafari, S., & Tavassolian, I. (2020). Effect of edaphic conditions on phytochemical latex yield of bitter asafetida (*Ferula assa-foetida* L.) medicinal plant in two natural habitats in Kerman province. *ECO phytochemistry of medicinal plants*, 8(1), 1-15.
35. Yousefi, S., & Yadegari, M. (2016). Effects of environmental conditions on morphological and physiological characters of *Cynara scolymus. Bangladesh Journal of Botany,* 45, 605-610.
36. Saber Amoli, S., Noroozi, S., Shekarchian, A., Akbarzadeh M., & Kodoori, M. (2008). Investigation of ecological factors of essential oil of Labiatae species in Kerman province. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research,* 23(4), 532-543.
37. Razmjoue, D., Yousefi Khanghah, S., Dehdari, S., Mohamadi, H., & Nodoost, F. (2020). The investigationof Climate, Soil and Height On essential oil composition of essential oils of Oliveria decumbens Vent. Medicinal Plantfrom different regions in City Mamasani of Fars Province. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*, 8(3), 103-116.
38. Majdnasiri, B. (2013). Phytochemical study of different ecotypes of marshmallow (*Alcea Koelzii* L.) in Chaharmahal and Bakhtiari province. 1st Regional Congress on Medical Plants of North of Iran.